

PUB-NO: DE003834147A1

DOCUMENT- DE 3834147 A1  
IDENTIFIER:

TITLE: Soldering method for connecting electronic and/or  
mechanical components to a printed circuit board, and  
additive and a laser soldering device

PUBN-DATE: April 12, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BAUER, MATTHAEUS DIPL ING DE	
SCHROETER, KLAUS	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SYSTEC DIGITAL ANALOG TECH DE	

APPL-NO: DE03834147

APPL-DATE: October 7, 1988

PRIORITY-DATA: DE03834147A (October 7, 1988)

INT-CL B23K026/00 , C06B029/12 , C06B029/20 , C06B033/00 ,  
(IPC): C06C007/00 , G01N021/84 , H01R043/02 , H05K003/34

EUR-CL B23K001/005 , C06B033/06 , C06C015/00 , H05K013/04 ,  
(EPC): H05K001/02 , H05K003/34

US-CL-CURRENT: 219/121.85

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> In order to connect components to  
printed circuit boards, the connections of the components are  
soldered to connecting surfaces on the printed circuit board. In the  
course of the reduction in size of the components, soldering methods

have been modified in order to take account of the smaller dimensions of the connections, the smaller distances between them and the reduced thermal insulation of the semiconductor substrate. The laser soldering method has been proven, in particular, in the case of which the laser beam is moved to the solder points individually and the heat energy required for melting is supplied by the laser beam. However, this method has the disadvantage that it takes a relatively long time for all the connections to be soldered and not all the connections of a component can reach the melting temperature simultaneously. The invention provides a remedy for this in that the solder points are heated by a fuel which is added to the solder paste or is applied onto it. In this case, the excitation energy to ignite the fuel is transmitted by a laser beam. However, since the rest of the heat energy is produced by the fuel, the laser beam can immediately be moved to the next solder point once the fuel has been ignited, and the process can be repeated there. In consequence, the rate of soldering can be increased by a factor of approximately 50.

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3834147 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 38 34 147.6  
㉑ Anmeldetag: 7. 10. 88  
㉒ Offenlegungstag: 12. 4. 90

⑤ Int. Cl. 5:  
**H05K 3/34**  
B 23 K 26/00  
H 01 R 43/02  
C 08 C 7/00  
C 06 B 29/12  
C 06 B 29/20  
C 06 B 33/00  
G 01 N 21/84

DE 3834147 A1

㉑ Anmelder:

Systec Gesellschaft für Digital-Analog-Technik  
mbH, 1000 Berlin, DE

㉒ Vertreter:

Thömen, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 3000 Hannover

㉓ Erfinder:

Bauer, Matthäus, Dipl.-Ing.; Schröter, Klaus, 1000  
Berlin, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ **Lötverfahren zur Verbindung elektronischer und/oder mechanischer Bauteile mit einer Leiterplatte, Zusatzstoff sowie Laserlötvorrichtung**

Zur Verbindung von Bauteilen mit Leiterplatten werden die Anschlüsse der Bauteile mit Anschlußflächen der Leiterplatte verlötet. Im Zuge der Verkleinerung der Bauteile wurden Lötverfahren modifiziert, um den kleineren Abmessungen der Anschlüsse, ihren geringeren Abständen sowie den verringerten thermischen Isolationen des Halbleitersubstrats Rechnung zu tragen.

Besonders bewährt hat sich das Laserlötverfahren, bei dem die Lötstellen einzeln mit einem Laserstrahl angefahren werden und die zum Schmelzen erforderliche Wärmeenergie durch den Laserstrahl zugeführt wird. Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß es verhältnismäßig lange dauert, bis alle Anschlüsse verlötet sind und daß nicht alle Anschlüsse eines Bauteils gleichzeitig die Schmelztemperatur erreichen können.

Die Erfindung schafft hier Abhilfe, indem die Lötstellen durch einen Brennstoff erwärmt werden, der der Lötpaste beigemischt ist oder auf sie aufgetragen ist. Dabei wird die Anregungsenergie zur Entzündung des Brennstoffes durch einen Laserstrahl übertragen. Da jedoch die übrige Wärmeenergie vom Brennstoff erzeugt wird, kann der Laserstrahl nach dem Entzünden des Brennstoffes sofort die nächste Lötstelle anfahren und dort den Vorgang wiederholen. Die Lötgeschwindigkeit läßt sich dadurch etwa um den Faktor 50 steigern.

DE 3834147 A1

Die Erfindung betrifft ein Lötverfahren zur Verbindung elektronischer und/oder mechanischer Bauteile, insbesondere SMD-Bauteile mit einer Leiterplatte nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In der Elektronik wird angestrebt, elektronische Baugruppen mit immer kleineren Bauteilen bei höherem Integrationsgrad und größerer Packungsdichte der Bauteile zu fertigen und gleichzeitig die Fertigungsverfahren zu rationalisieren. Dies hat große Auswirkungen auf die Verbindung der Bauteile mit den Leiterplatten. Im Zuge der Weiterentwicklung werden Baugruppen mit Bauteilen hergestellt, die nur noch auf der Oberfläche der Leiterplatten befestigt werden. Dieses Fertigungsverfahren ist unter der Bezeichnung SMT (Surface Mounted Technologie) bekannt geworden. Die dafür verwendeten Bauteile werden als SMD-Bauteile (Surface Mounted Device) bezeichnet.

Solche SMD-Bauteile zeichnen sich durch eine Vielzahl mechanisch kleiner, in sehr engem Abstand stehender Anschlüsse aus und die durch die kleinen Bauteilabmessungen dünneren Gehäuse bedeuten eine verringerte thermische Isolation des Halbleitersubstrats gegenüber der Umgebung. Aus den genannten Eigenschaften der SMD-Bauteile ergeben sich für die Leiterplatten und die Fertigungstechnologie folgende Auswirkungen: die kleinen Anschlüsse erfordern feinere Leiterplattenstrukturen und engere Toleranzen, bei Verwendung von Lötpasten als Lötmedium homogenere Lötpasten sowie mechanisch widerstandsfähigere Lötverbindungen.

Aus den kleinen Abständen der Anschlüsse ergeben sich zusätzlich Forderungen hinsichtlich einer genaueren Dosierung beim Auftragen der Lötpaste, einer stabileren Entstehung der metallischen Verbindung zwischen den Anschlüssen und den Flächen der Leiterplatte ohne Spritzer oder Kugelbildung.

Schließlich führen die kleineren Bauteilabmessungen und dünneren Gehäuse mit der damit verbundenen verringerten thermischen Isolation des Halbleitersubstrats zu der Forderung, daß bevorzugt Lötverfahren angewendet werden, die nur noch zu einer lokalen Erwärmung der Lötstelle, nicht jedoch des gesamten Bauteils führen.

Im übrigen sollen die Forderungen erfüllt werden, die von der Industrie an alle Lötverfahren gestellt werden, nämlich niedrige Kosten pro Lötverbindung, wirtschaftliche Lötssysteme, hohe Lötgeschwindigkeit, keine Nacharbeit der Lötstellen sowie die Vermeidung giftiger und umweltschädlicher Substanzen.

Von den bekanntesten Lötverfahren, wie Wellenlöten, Reflow-Lötverfahren, Dampfphasenlöten, Infrarotlötverfahren sowie Laserstrahl-Löten können die vier erstgenannten Verfahren die eingangs genannten Forderungen nicht oder nur unzureichend erfüllen. Lediglich das Laserstrahl-Löten ermöglicht eine weitgehend schonende Behandlung der Bauteile, insbesondere der SMD-Bauteile.

Allerdings ist dieses Lötverfahren im Vergleich zu anderen verhältnismäßig langsam, da die Lötstellen vom Laserstrahl einzeln angesteuert werden müssen und der Laserstrahl so lange auf den Lötstellen verweilen muß, bis eine einwandfreie Verbindung hergestellt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Lötverfahren zu schaffen, bei welchem eine sehr präzise Lötung mechanisch kleiner Anschlüsse bei kleinen Abständen der Anschlüsse möglich ist, das Bauteil vor thermischer Überlastung geschützt ist aber eine wesentlich

höhere Lötgeschwindigkeit als beim konventionellen Laserstrahl-Löten erzielbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren nach den Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die im kennzeichnenden Teil angegebenen Merkmale gelöst.

Beim Lötverfahren nach der Erfindung wird die zum Schmelzen des Lötmittels benötigte Wärme aus einem Brennstoff gewonnen, der lokal an den Lötstellen angeordnet ist. Lediglich die zum Entzünden des Brennstoffs benötigte Anregungsenergie wird von außen zugeführt. Daraus ergibt sich, daß die von außen zugeführte Wärme wesentlich geringer als bei konventionellen Lötverfahren ist und daher viel schneller zugeführt werden kann. Die entstehende Wärme bleibt auf den Bereich der Lötstellen beschränkt.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Brennstoff an allen Lötstellen eines Bauelementes gleichzeitig oder in so kurzen Zeitabständen zu entzünden, daß innerhalb einer bestimmten Zeit sich die Lötmedium an allen Lötstellen in der Phase der Schmelze befinden. Dadurch tritt eine Selbstzentrierung der Bauteile ein, so daß ein ungleichmäßiges Absinken oder eine Verschiebung verhindert wird und außerdem mechanische Spannungen im Gehäuse des Bauteils vermieden werden.

Der mit der Selbstzentrierung der Bauteile beim Löten einhergehende Vorteil hat auch Auswirkungen auf die Bestückung der Leiterplatten mit den Bauteilen in der Weise, daß keine so hohe Genauigkeit der Bestückungsmaschinen verlangt wird, wie es bei konventionellen Laserlötverfahren der Fall ist. Außerdem läßt sich eine gleichbleibende hochwertige Lötverbindung an allen Lötstellen dadurch erzielen, daß die Menge des Brennstoffs in Abhängigkeit der Größe der Lötstelle dosierbar ist und somit immer die gleiche Löttemperatur erreicht wird. Dementsprechend werden kalte Lötstellen bei zu großen Anschlüssen oder oxydierte Anschlüsse bei sehr kleinen Lötstellen vermieden.

Der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendete, einen Brennstoff enthaltende Zusatzstoff kann entweder der Lötpaste beigemischt werden und dann in konventioneller Weise zusammen mit der Lötpaste aufgetragen werden oder auch nachträglich als zweite Schicht auf die Lötpaste aufgebracht werden.

Die erste Alternative hat den Vorteil, daß keine Mehrarbeit erforderlich ist, da das Aufbringen der Zusatzstoffe gleichzeitig mit der Lötpaste erfolgt. Bei der zweiten Alternative besteht zusätzlich der Vorteil, daß im Zusatzstoff Aussparungen für die Anschlüsse der Bauteile freigelassen werden können, die bei der Bestückung eine mechanische Fixierung der Bauteile bewirken und so andere vorläufige Befestigungsverfahren überflüssig machen und auch die Positionierung der Bauteile beim Bestücken erleichtern, da die Aussparungen gleichzeitig die Führung beim Positionieren der Bauteile übernehmen können.

Eine Weiterbildung sieht vor, daß der den Brennstoff enthaltende Zusatzstoff außerdem einen Zündstoff enthält, der durch die äußere Anregungsenergie initialisiert wird und seinerseits den Brennstoff entzündet.

Dadurch läßt sich die aufzubringende Anregungsenergie weiter vermindern, da nur noch die zum Entzünden des Zündstoffs benötigte, im Vergleich zum Entzünden des Brennstoffs geringere Anregungsenergie aufgebracht werden muß.

Bei der Übertragung der Anregungsenergie bieten sich mehrere Alternativen. Eine erste Möglichkeit besteht darin, die Anregungsenergie durch Laserstrahlen zu übertragen.



Dieses Verfahren hat sich bereits im praktischen Versuch als sehr zuverlässig erwiesen und besitzt außerdem den Vorteil, daß vorhandene Laserstrahlvorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens verwendet werden können.

Eine zweite Möglichkeit, die Anregungsenergie zu übertragen, besteht darin, einen Lichtblitz auf die Leiterplatte einwirken zu lassen oder die Initialisierung durch Ultraschall zu erzeugen.

Die beiden letztgenannten Möglichkeiten bieten den Vorteil, daß alle Lötstellen gleichzeitig die Anregungsenergie erhalten und die zum Löten aller Verbindungen benötigte Lötzeit noch weiter vermindert werden kann und unabhängig von der Anzahl der Lötstellen wird.

Bei einer praktischen Ausgestaltung des Verfahrens, bei dem die Anregungsenergie durch Laserstrahl übertragen wird, wird die optische Achse eines Laserstrahls zuerst auf einen ersten Anschluß eines Bauteils gerichtet, der Laserstrahl zur Übertragung der Anregungsenergie eingeschaltet und der dem Anschluß zugeordnete Brennstoff entzündet. Danach werden die übrigen Anschlüsse des Bauteils angefahren und angezündet und anschließend die Vorgänge in der gleichen Reihenfolge bei den übrigen Bauteilen durchgeführt.

Dadurch wird sichergestellt, daß auch bei Bauteilen mit sehr vielen Anschlüssen, wie z.B. integrierte Mikrorechner, alle Lötstellen zu einem Zeitpunkt gleichzeitig mit Lötmittel in der Schmelzphase benetzt sind, so daß auch hier die Selbstzentrierung erreicht werden kann und die mechanischen Spannungen im Gehäuse oder bei den Anschlüssen vermieden werden.

Eine Weiterbildung sieht hier vor, daß der Laserstrahl auf jedem Anschluß während einer gleichen Zeitdauer verweilt, wobei die Zeitdauer gerade so lang bemessen ist, daß der Brennstoff sicher entzündet wird. Diese Zeitdauer beträgt vorzugsweise etwa 0,8 msek.

Durch diese Maßnahme läßt sich die Ansteuerung der Ablenkung des Laserstrahls sehr vereinfachen, ohne daß darunter die Zuverlässigkeit der Entzündung des Brennstoffs leidet. Weiterhin ist es möglich, die benötigte Lötzeit für alle Anschlüsse einer Leiterplatte im voraus zu berechnen und damit auch den Takt, mit dem Leiterplatten nacheinander verlötet werden exakt festlegen.

Eine Weiterbildung sieht vor, daß der Laserstrahl durch einen Positionierungsrechner gesteuert wird, bei dem die Anschlußbilder jedes Bauteils in einer Standardbibliothek und die Lage der Bauteile in einer Baugruppenbibliothek gespeichert sind. Die Positionierung des Laserstrahls auf den jeweils ersten Anschluß eines Bauteils wird aus den Daten der Baugruppenbibliothek und auf die übrigen Anschlüsse des Bauteils aus den Daten der Standardbibliothek berechnet.

Durch diese Maßnahme ergeben sich wesentliche Vereinfachungen bei der Erfassung der zur Ansteuerung des Laserstrahls benötigten Daten, wenn sich die Ausgestaltung der Leiterplatten ändern oder die Lötvorrichtung auf unterschiedliche Leiterplatten eingerichtet werden muß. Außerdem werden mögliche Fehlerquellen, die dazu führen können, daß nicht alle Anschlüsse verlötet werden, verringert.

Bei der Steuerung des Laserstrahls wird zwischen zwei unterschiedlichen Verfahren unterschieden. Einmal kann der Laserstrahl auch während der Anfahrzeiten der Anschlüsse eingeschaltet bleiben, eine andere Alternative sieht vor, daß der Laserstrahl nur nach Erreichen der durch die Lage der Anschlüsse vorgegebenen Positionen eingeschaltet wird.

Die erste Alternative hat den Vorteil, daß der Steuerungsaufwand niedriger wird. Bei der zweiten Alternative wird vermieden, daß beim Ansteuern der Anschlüsse versehentlich im Anfahrweg liegende Anschlüsse unbeabsichtigt entzündet und/oder beschädigt werden und dadurch die Selbstpositionierung der Bauteile, zu denen diese versehentlich verlöteten Anschlüsse gehören, verloren geht.

Vorzugsweise wird der Laserstrahl auf einen Durchmesser von etwa 0,2 bis 0,4 m fokussiert.

Hierdurch wird erreicht, daß bei der Positionierung des Laserstrahls mit größeren Toleranzen gearbeitet werden kann, als beim konventionellen Laserstrahl-Löten. Der Laserstrahl braucht nämlich nur auf die Mitte der Lötstelle gerichtet werden, so daß durch Ungenauigkeiten der Ablenkvorrichtung entstehende Abweichungen von der Mitte keinen Einfluß auf die Initialisierung des im Zusatzstoff enthaltenen Zündstoffs oder Brennstoffs besitzen. Durch den geringen Durchmesser wird auch eine unbeabsichtigte Erwärmung benachbarter Bereiche der Lötstelle vermieden. Außerdem kann unabhängig von der Flächenausdehnung der Lötstellen stets mit gleichem Strahldurchmesser gearbeitet werden.

Bei einer praktischen Ausgestaltung werden die Lötstellen optisch überwacht und fehlerhafte Lötstellen konventionell, z.B. durch weitere oder erneute Wärmezufuhr mittels des Laserstrahls nachgelötet. Die optische Überwachung ermöglicht einmal, die Verweildauer des Laserstrahls auf einer Lötstelle auf das Mindestmaß zum Entzünden des Brennstoffs zu beschränken und zum anderen Aufschluß über die Fertigungsqualität der Leiterplatte zu erhalten. Gleichzeitig können fehlerhafte Lötstellen in einem Arbeitsgang automatisch in Stand gesetzt werden.

Weiterbildungen des Lötverfahrens ergeben sich aus den Ansprüchen 1-17 sowie der weiteren Beschreibung und der Zeichnung.

Die Erfindung betrifft ferner einen Zusatzstoff, der als Energieträger zur Erwärmung von Lötpaste dient. Diesbezüglich liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Zusatzstoff zu schaffen, der nach Beaufschlagung mit Anregungsenergie selbständig Prozeßwärme für einen Lötvorgang erzeugt.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 18 gelöst.

Bei dieser Ausgestaltung des Zusatzstoffes wird die freiwerdende Wärmeenergie auf die Lötstelle konzentriert. Dadurch wird vermieden, daß andere, in der Nähe befindliche Bauteile durch Flammenentwicklung und die damit verbundene Wärmestrahlung beschädigt werden.

Vorzugsweise besteht der Brennstoff aus feinem Aluminiumpulver.

Dieser besitzt einen hohen Energiegewinn pro Volumen, so daß auch flächenmäßig kleine Lötstellen bei geringer Schichtdicke des Zusatzstoffes sicher verlötet werden können. Weiterhin tritt kein explosives Verhalten nach außen auf, so daß das Lötmittel an Ort und Stelle bleibt und nicht um die Lötstelle herum verspritzt wird. Weiterhin entwickelt sich innerhalb kurzer Zeit eine hohe Temperatur, so daß der Lötvorgang schnell erfolgt und keine Beschädigung der Bauteile durch Wärmeleitung über die Anschlüsse erfolgt. Außerdem besteht der Vorteil mit Laser mittels Zündstoff angezündeter und nicht entflammbarer Brennstoffe darin, daß sie von oben nach unten glühen, so daß oberhalb der Lötstelle eine wärmeisolierende Schicht entsteht.

Weiterhin ist vorgesehen, daß der Zusatzstoff zusätzlich einen Zündstoff enthält.

Dadurch läßt sich die Verweildauer des Laserstrahls auf der Lötstelle oder dessen Anregungsenergie, wie auch die Anregungsenergie eines anderen Verfahrens zur Initialisierung des Brennstoffes vermindern. Gleichzeitig wird erreicht, daß sich der Zündvorgang als Kettenreaktion über den gesamten Brennstoff erstreckt und diesen vollständig zur Entzündung gelangen läßt.

Als Zündstoff hat sich bei einer praktischen Ausgestaltung eine Aktivkohle in Pulverform bewährt.

Diese entzündet sich dank ihrer mattschwarzen Oberfläche schnell, da sie die gesamte Laserenergie absorbiert und rückstandslos verbrennt. Beim Entzünden imitiert sie ihre eigene Wärme so lange, bis sich der Brennstoff entzünden kann.

Ergänzend kann der Zusatzstoff auch ein Oxydationsmittel enthalten.

Durch diese Maßnahme läßt sich die Reaktionsgeschwindigkeit der exothermen Reaktion des Brennstoffes beeinflussen und durch entsprechende Dosierung des Oxydationsmittels eine Lötdauer sowie Löttemperatur erreichen, die für eine optimale Lötverbindung sorgt.

Als Oxydationsmittel hat sich gereinigtes pulverisiertes Kaliumchlorat bewährt.

Besteht der Zusatzstoff nur aus Zündstoff und Brennstoff, so wird vorteilhaft ein Volumenverhältnis von Zündstoff zu Brennstoff im Verhältnis zwischen 10:90 und 15:85 verwendet, das bei Aktivkohle als Zündstoff und Aluminiumpulver als Brennstoff gute Ergebnisse liefert.

Wird zusätzlich ein Oxydationsmittel verwendet, so beträgt zweckmäßig das Volumenverhältnis von Oxydationsmittel zu Zündstoff zu Brennstoff zwischen 1:8:91 und 3:8:89.

Bei einer Ausgestaltung, bei der der Zusatzstoff als zweite Schicht auf die Lötpaste aufgetragen wird, wird vorteilhaft ein Trägerstoff verwendet.

Hierdurch wird eine für die Verarbeitung günstige Homogenität erreicht.

Vorteilhaft umfaßt der Trägerstoff ein Gel, das aus stark nitrierter Schießbaumwolle und Azeton besteht.

Diese Zusammensetzung ermöglicht ein leichtes, gleichmäßiges Auftragen der Zusatzstoffe und ergibt nach dem Auftragen durch das Verdampfen des Azetons eine mechanisch stabile Schicht, die auch zur Fixierung der Bauelemente beim Bestückungsvorgang unterstützend wirkt.

Ein bevorzugtes Mischungsverhältnis sieht vor, daß das Gewichtsverhältnis Schießbaumwolle zu Azeton etwa 1:15 beträgt.

Hierdurch wird erreicht, daß der Zusatzstoff in einer ausreichenden Zeit, nämlich etwa 10 Minuten bei Zimmertemperatur verarbeitet werden kann und danach eine Verfestigung eintritt, so daß nach kurzer Trockenzeit die Bestückung der Leiterplatte mit Bauelementen vorgenommen werden kann. In geschlossenen Behältern wird ein Verdampfen des Azetons verhindert, so daß größere Mengen der Zusatzstoffe auf Vorrat hergestellt werden und aufbewahrt werden können.

Eine Weiterbildung sieht vor, daß der Zusatzstoff einer Lötpaste beigemischt ist.

Dadurch läßt sich das Beschichten einer Leiterplatte in einem Arbeitsgang durchführen und die in der Lötpaste vorhandenen Trägerstoffe zur Ermöglichung einer homogenen Verarbeitung mitverwenden, so daß der Anteil eigener Trägerstoffe verringert werden kann.

Eine für die Beimischung mit Zusatzstoffen geeignete Lötpaste besteht aus etwa 87% pulverisierten Metallen in der Zusammensetzung von etwa 62% Zinn, etwa 36% Blei und etwa 2% Silber sowie aus etwa 13% Flußmitteln und gegebenenfalls Säuremitteln.

In dieser Zusammensetzung der Lötpaste liegt der Schmelzpunkt bei ca. 180°C, wodurch sich eine gute Abstimmung auf die von den Zusatzstoffen erreichte Löttemperatur ergibt.

Die beschriebenen Bestandteile des Zusatzstoffes, sowohl in der Zusammensetzung als Zündstoff und Brennstoff alleine als auch in Kombination mit dem Oxydationsmittel oder den Trägerstoffen hat eine gute Verträglichkeit ergeben, so daß keine unbeabsichtigten Reaktionen vor oder nach dem Lötvorgang stattfinden. Der Zusatzstoff ist auch unter normalen Umweltbedingungen schwer entzündbar und dadurch im industriellen Einsatz ungefährlich. Außerdem wird die Entstehung giftiger Gase verhindert, so daß die Fertigungskosten nicht durch die Kosten zusätzlicher Absaug- und Entsorgungseinrichtungen erhöht werden.

Schließlich betrifft die Erfindung eine Laserlötvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 31.

Diesbezüglich liegt ihr die Aufgabe zugrunde, eine Laserlötvorrichtung zu schaffen, die bei hoher Lötgeschwindigkeit die Herstellung von Lötverbindungen zwischen Anschlüssen von Bauteilen und Verbindungsflächen einer Leiterplatte ermöglicht, bei der die Lötstellen einen Zusatzstoff tragen, der einen Brennstoff enthält.

Diese Aufgabe wird bei einer Laserlötvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 31 durch die im kennzeichnenden Teil angegebenen Merkmale gelöst.

Die Laserlötvorrichtung nach der Erfindung wird nur zur Initialisierung des Brennstoffes verwendet, wo auch dieser durch exotherme Reaktion die zum Löten erforderliche Prozeßwärme bereitstellt. Dabei kann die exotherme Reaktion so bemessen werden, daß sich die Wärme über die metallischen Anschlüsse nicht auf die Halbleitersubstrate in den Bauteilen überträgt. Außerdem lassen sich Lötstellen großer und kleiner Flächenausdehnung verlöten, indem die Wärme durch die Bemessung des Brennstoffes individuell dosiert werden kann. Eine Steuerung der Laserquelle ist dazu nicht erforderlich. Vielmehr kann nach der Entzündung des Brennstoffes der Laserstrahl unmittelbar auf die nächste Lötstelle gerichtet werden und diese entzündet werden. So ist in kurzen Zeitabständen die Entzündung sämtlicher Lötstellen eines Bauteils möglich, so daß zusätzlich zur erreichten Lötgeschwindigkeit auch eine Selbstzentrierung des Bauteils eintreten kann indem die Oberflächenspannung des flüssigen Lötmittels für die Positionierung der Anschlüsse auf den Anschlußflächen der Leiterplatte ausgenutzt wird. Beider angegebenen Verweildauer des Laserstrahls auf den zu lötenden Stellen von etwa 0,8 msek. läßt sich eine um den Faktor 50 höhere Lötgeschwindigkeit als bei konventionellen Laserstrahl-Lötvorrichtungen erreichen.

Eine Weiterbildung sieht vor, daß in einem Datenspeicher des Positionierungsrechners eine die Anschlußbilder jedes zu verlötenden Bauteiles enthaltende Standardbibliothek gespeichert ist und daß eine Baugruppenbibliothek speicherbar ist, welche die Lage eines ersten Anschlusses der Bauteile auf einer Leiterplatte sowie die Art der Bauteile umfaßt.

Diese Konfiguration vereinfacht die erstmalige Einstellung der Laserlötvorrichtung auf eine vorgegebene Leiterplatte sowie die Umstellung bei Änderungen der



Leiterplatte oder unterschiedlich aufgebauten Leiterplatten.

Wenn die Lage der ersten Anschlüsse der Bauteile sowie die Art der Bauteile richtig eingegeben sind, erfolgt die Ansteuerung der übrigen Anschlüsse automatisch, so daß Fehlermöglichkeiten in Form von nichtverlöteten Anschlüssen weitgehend vermieden werden können.

Eine praktische Ausgestaltung sieht vor, daß der Positionierungsrechner mit einem Schalter der Laserquelle verbunden ist, durch den die Laserquelle im Takte der Positionierungen auf die zu verlötenden Stellen ein- und ausschaltbar ist.

Durch diese Maßnahme wird vermieden, daß beim Anfahren der zu lötenden Stellen entweder versehentlich Anschlüsse anderer Bauteile vom Laserstrahl getroffen und dadurch unbeabsichtigt verlötet werden oder Leiterbahnen auf der Leiterplatte beschädigt werden.

Bei einer praktischen Ausgestaltung umfaßt die Laserlötvorrichtung einen f-theta Planfeldobjektiv, mittels dem der Laserstrahl auf einen konstanten Durchmesser von vorzugsweise 0,2 bis 0,4 mm fokussierbar ist.

Diese Ausgestaltung stellt sicher, daß der Laserstrahl in jeder Position gleichmäßig fokussiert ist und damit die Anregungsenergie auf die Lötstellen konzentriert werden kann. Bei der Positionierung sind geringe Toleranzfehler der Ablenkeinheit ohne Nachteil auf das Lötresultat, da bei genereller Zentrierung des Laserstrahls auf die Mitte der Lötstellen Schäden durch Abweichungen von diesen Mitteln aufgrund von Toleranzen nicht zu befürchten sind und gleichzeitig auch dann noch eine sichere Entzündung des Brennstoffes stattfindet, wenn ein Ablenkungsfehler den Laserstrahl bis an die Grenze der Lötstelle führt.

Gemäß einer Weiterbildung ist eine optische Überwachungsrichtung für die Lötstellen vorgesehen und mit dem Rechner verbunden. Dabei kann der Programmspeicher des Positionierungsrechners ein Steuerprogramm umfassen mittels dem die Verweildauer des Laserstrahls auf den Lötstellen oder ein Wiederanfahren der Lötstellen in Abhängigkeit der von der Überwachungsrichtung erfaßten Daten steuerbar ist. Diese Merkmale bieten den Vorteil, daß die Lötqualität überwacht werden kann und bei Feststellen von Lötfehlern diese selbständig korrigiert werden können. Außerdem läßt sich die Lötgeschwindigkeit erhöhen, indem die Verweildauer des Laserstrahls auf einen solchen Zeitraum begrenzt wird, daß gerade noch eine Entzündung des Zündmittels des Zusatzstoffes stattfindet.

Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich für den Zusatzstoff aus den Ansprüchen 18–30 und für die Laserlötvorrichtung aus den Ansprüchen 31–36, der weiteren Beschreibung und der Zeichnung, anhand der die Erfindung erläutert wird.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1–4 Lötverbindungen von unterschiedlichen Bauteilen im Längsschnitt,

Fig. 5 im Querschnitt eine schematische Darstellung des Lötvorgangs nach dem Laserstrahlverfahren vor der Bestrahlung und

Fig. 6 dieselbe Darstellung nach der Bestrahlung,

Fig. 7 in schematischer Darstellung einen Lötvorgang nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in der Einsichtversion und

Fig. 8 dieselbe Darstellung im Zweischichtverfahren,

Fig. 9 als perspektivische Darstellung eine Draufsicht auf eine vorbereitete Lötstelle nach der Zweischichtver-

sion und

Fig. 10 eine Laserlötvorrichtung nach der Erfindung als Blockschaltbild.

In Fig. 1 ist eine Lötverbindung für ein verdrahtetes Bauteil dargestellt, das nach konventionellen Lötverfahren mit Leiterbahnen der Leiterplatte verbunden werden kann. Wie aus der Zeichnung erkennbar ist, besteht hier ein Abstand zwischen der Lötstelle und dem Gehäuse so daß einmal eine direkte Erwärmung des Gehäuses bei Erwärmen der Lötstelle nicht stattfindet und auch eine Wärmeleitung aufgrund der Länge des Anschlußdrahtes unter normalen Umständen vermieden wird. In den Figuren 2, 3 und 4 sind Lötverbindungen für SMD-Bauteile dargestellt. Dabei handelt es sich in Fig. 2 um eine SMD-Bauteil mit J-Anschluß in Fig. 3 um ein SMD-Kleinbauteil mit einem würfelförmigen Anschluß und in Fig. 4 um ein SMD-Bauteil mit Z-Anschluß.

Während das SMD-Bauteil mit Z-Anschluß in Fig. 4 noch Ähnlichkeiten mit dem verdrahteten Bauteil in Fig. 1 besitzt, werden die sich aus der konstruktiven Ausgestaltung der in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten SMD-Bauteile resultierenden Probleme hinsichtlich der Lötverbindungen deutlich. So ist die unmittelbare Anbindung des Anschlusses an das Gehäuse für die Wärmeübertragung auf das im Inneren befindliche Halbleitersubstrat kritisch außerdem läßt sich eine durchgehende Schmelze des Lötmittels nach konventionellen Lötverfahren nur dann erreichen, wenn der Anschluß längere Zeit oder der gesamte Bereich des Anschlusses erwärmt wird.

In den Fig. 5 und 6 ist der Lötvorgang bei einem Laserstrahlverfahren dargestellt. Die Figuren zeigen ein Bauteil, von dem das Gehäuse 26 und ein Anschluß 28 erkennbar ist, sowie ein Teil einer Leiterplatte 30, mit einer Anschlußfläche 32.

Zur Herstellung der Lötverbindung dient Lötmedium, das in Fig. 5 als Lötpaste 34 und in Fig. 6 als Metalllegierung 36 dargestellt ist. Dabei ist die Lötpaste 34 auf die Anschlußfläche 32 der Leiterplatte 30 aufgetragen und das Bauteil ruht mit seinem Anschluß 28 auf der Lötpaste 34.

Mit 38 ist ein Laserstrahl bezeichnet, der von einer Laserquelle auf die zu lötende Stelle gerichtet wird und die Lötpaste 34 erwärmt. Dabei breitet sich die Wärme durch Wärmeleitung sowohl über die Lötpaste 34 als auch über den sich an die Lötpaste anschließenden Anschluß 28 sowie die Anschlußfläche 32 aus, bis die gesamte Lötpaste soweit erwärmt ist, daß die in ihr enthaltenen Metalle schmelzen.

Der Laserstrahl muß bei diesem Verfahren also die gesamte Wärmeenergie bereitstellen, die zum Erwärmen und zum Schmelzen der Metalle erforderlich ist. Dabei hängt die Lötverbindung davon ab, daß die Einwirkungszeit des Laserstrahls so bemessen ist, daß gerade eine vollständige Schmelze erreicht wird, aber noch kein Verbrennen der in der Lötpaste enthaltenen Stoffe stattfindet.

In Fig. 6 ist der Zustand dargestellt, in dem die in der Lötpaste 34 enthaltenen Metalle zu einer Metalllegierung 36 verschmolzen sind, die auch in die Grenzflächen des Anschlusses 28 sowie der Anschlußfläche 32 eingedrungen sind. Da die in der Lötpaste enthaltenen Flußmittel sowie Hohlräume verschwunden sind, ist das Volumen der in Fig. 6 dargestellten Metalllegierung 36 kleiner als das der Lötpaste 34 in Fig. 5.

Fig. 7 zeigt in schematischer Darstellung einen Lötvorgang nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, wo-

bei hier die Einsichtversion gezeigt ist, bei der der den Brennstoff enthaltende Zusatzstoff in der Lötpaste enthalten ist. Die Darstellung beschränkt sich diesmal auf einen Anschluß 28 eines Bauteils und einer Anschlußfläche 32 einer Leiterplatte. Die zwischen dem Anschluß 28 und der Anschlußfläche 32 liegende Lötpaste umfaßt neben den vorzugsweise in pulverisierter Form vorliegenden Metallen, wie Zinn, Blei und Silber sowie Flußmittel einen Zusatzstoff. Dieser Zusatzstoff besteht hier aus Brennstoff *B* und Zündstoff *Z*.

Der Zusatzstoff ist gleichmäßig in der Lötpaste verteilt, so daß bei Brennen des Brennstoffs eine gleichmäßige Wärmeverteilung stattfindet. Der Zündstoff *Z* ist ebenfalls gleichmäßig verteilt und erreicht so einerseits den Brennstoff *B* als auch weitere Teile des Zündstoffs *Z*, so daß bei der Entzündung eines Partikels des Zündstoffs *Z* die in der Nachbarschaft befindlichen Bestandteile des Brennstoffs *B* entzündet und auch weitere Bestandteile des Zündstoffs *Z* initialisiert werden. Die Entzündung pflanzt sich also von einer beliebigen Stelle der Lötpaste 34 über die ganze zusammenhängende Schicht fort, bis alle Brennstoffteilchen *B* entzündet sind und nun ihre Wärme an die übrigen Bestandteile der Lötpaste abgeben, so daß die Metallteileschmelzen und eine Legierungsverbindung mit dem Anschluß 28 und der Anschlußfläche 32 eingehen.

Bei dem Brennvorgang, der vorzugsweise als Glühen ohne Flammentwicklung stattfindet, verbrennen der Brennstoff sowie der Zündstoff vollständig und nur mit geringen Rückständen, so daß letztendlich die Metalllegierung verbleibt, wie sie mit der Bezugsziffer 36 in Fig. 6 dargestellt ist. Bei diesem Lötvorgang braucht der Laserstrahl 38 nur die Anregungsenergie zur Zündung des Zündstoffs *Z* bereitzustellen. Wenn der Zündstoff *Z* an einer Stelle der Schicht entzündet ist, kann mit dem Laserstrahl der nächste Anschluß angefahren werden und dort der Vorgang wiederholt werden. Die Wärmeenergie wird dabei von den Brennstoffteilen *B* bereitgestellt.

In Fig. 8 ist der Lötvorgang nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in der Zweischichtversion dargestellt. Diese Zweischichtversion bedeutet, daß die Lötpaste z.B. in konventioneller Weise, wie in Fig. 5 dargestellt ist, aufgetragen wird und auf die Lötpaste eine zweite Schicht in Form eines einen Brennstoff enthaltenden Zusatzstoffes. Der Zusatzstoff 40 enthält dabei, wie bereits in Fig. 7 dargestellt, Brennstoff *B* und Zündstoff *Z*. Zusätzlich ist ein Trägerstoff *T* vorgesehen. Der Trägerstoff *T* sorgt dafür, daß eine homogene Beschichtung durchgeführt werden kann und daß nach dem Auftragen der Schicht eine Verhärtung stattfindet, so daß die Schicht aus dem Zusatzstoff 40 mechanisch stabil ist und gegebenenfalls zur Fixierung von Bauelementen verwendet werden kann.

Ähnlich wie in Fig. 7 beschrieben, wird durch den Laserstrahl 38 nur der im Zusatzstoff befindliche Zündstoff *Z* initialisiert, der daraufhin andere Teile des Zündstoffs *Z* sowie Teile des Brennstoffs *B* zur Entzündung bringt. Der exotherme Vorgang läuft dann in ähnlicher Weise ab. Allerdings findet die Wärmeübertragung auf die metallischen Bestandteile in der Lötpaste 34 nicht durch unmittelbaren Kontakt statt, vielmehr wird nur die Oberfläche der Lötpaste 34 teils durch direkte Wärmeübertragung oder durch Wärmeübertragung mittels des Anschlusses 28 übertragen. Neben dem dargestellten Zündstoff und Brennstoff kann auch ein Oxydationsmittel vorgesehen sein, das hier jedoch nicht dargestellt ist. Mit diesem Oxydationsmittel läßt sich die Zeit-

dauer des exothermen Vorganges in gewissen Grenzen steuern. Dadurch kann die Brenndauer auf eine sehr kurze Zeit beschränkt werden, die ausreichend ist, um die Lötverbindung herzustellen jedoch kurz genug ist, um eine Überhitzung des Bauteils durch Wärmeleitung ins Innere zum Halbleitersubstrat zu verhindern.

Fig. 9 zeigt eine perspektivische Darstellung einer vorbereiteten Lötstelle nach der Zweischichtversion, wie sie in Fig. 8 erläutert ist. Dabei ist die Lötpaste 32 als durchgehende Schicht und der Zusatzstoff 40 als mit einer Aussparung versehene Schicht dargestellt. Die Aussparung ist so bemessen, daß ein Anschluß 28 eines Bauteils gerade in diese Aussparung hinein paßt, gegebenenfalls durch sie geführt wird und unmittelbaren Kontakt mit der Lötpaste 34 erhält. Außerdem ist noch der Laserstrahl 38 angedeutet, wobei jedoch vom Verfahrensablauf zu beachten ist, daß der Laserstrahl erst dann eingeschaltet wird, wenn das Bauteil bzw. alle Bauteile bestückt sind und der Anschluß 28 Kontakt mit der Lötpaste 34 hat.

Fig. 10 zeigt schließlich noch eine Laserlötvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Laserlötvorrichtung besteht aus einer Laserquelle 10, einer Ablenkeinheit 12, einem Positionierungsrechner 14 und einem Leiterplattenträger 16. Auf dem Leiterplattenträger 16 ist eine Leiterplatte 30 mit einem Bauteil dargestellt, von dem das Gehäuse mit 26 und die Anschlüsse mit 28 bezeichnet sind. Die Laserlötvorrichtung umfaßt ein f-theta Planfeldobjektiv 24, mit dem der Laserstrahl auf einen konstanten Durchmesser von vorzugsweise 0,2 bis 0,4 mm fokussierbar ist. Die optische Achse des Laserstrahls 38 weist auf einen zu lötenen Anschluß 28 hin.

Die Laserquelle 10 ist mit der Ablenkeinheit 12 derart gekoppelt, daß die Ablenkeinheit eine optische Auslenkung des Laserstrahls herbeiführt, so daß alle Lötstellen auf einer Leiterplatte 30 angesteuert werden können, ohne daß dazu die Leiterplatte 30 verfahren werden muß.

Die Ablenkeinheit 12 erhält Steuersignale von einem Positionierungsrechner 14, der einen Programmspeicher 18 mit einem Steuerprogramm umfaßt. Dieses Steuerprogramm beschränkt die Verweildauer des Laserstrahls auf der zu lötenen Stelle auf eine solche Zeitdauer, daß eine Entzündung eines die Schmelzwärme des Lötmittels bereitstellenden Brennstoffes erreicht wird. Diese Zeitdauer beträgt etwa 0,8 msek. Der Positionierungsrechner 14 veranlaßt also die Ablenkeinheit, den Laserstrahl 38 so zu positionieren, daß kurz hintereinander die Lötstellen bestrahlt werden, so daß in kurzer Zeit sämtliche Lötstellen eines Bauteils entzündet sind und eine Selbstzentrierung des Bauteils durch die Oberflächenspannung einer gleichzeitig geschmolzenen Lötmitte stattfinden kann. Anschließend werden die Anschlüsse der anderen Bauteile in gleicher Weise angesteuert und zum Löten veranlaßt. Zur Erleichterung der Ansteuerung der Lötstellen ist ein Datenspeicher 20 im Positionierungsrechner 14 vorgesehen, der die Anschlußbilder jedes der zu verlötenden Bauteile in einer Standardbibliothek gespeichert hat. Außerdem ist eine Baugruppenbibliothek im Datenspeicher 20 speicherbar, welche die Lage eines ersten Anschlusses der Bauteile auf einer Leiterplatte sowie die Art der Bauteile umfaßt. Es reicht dann aus, nur noch einen Anschluß bei den verschiedenen Bauteilen festzulegen, da die übrigen Anschlüsse dann aufgrund der in der Standardbibliothek gespeicherten Daten anfahrbar sind.



Der Positionierungsrechner 14 ist mit einem Schalter 22 der Laserquelle 10 verbunden, durch die die Laserquelle im Takte der Positionierungen auf die zu verlötenden Stellen ein- und ausschaltbar ist. Dadurch wird eine ungewollte Entzündung von Lötstellen anderer Bauteile verhindert.

Zusätzlich ist noch eine optische Überwachungsvorrichtung 25 vorgesehen. Im Programmspeicher 18 des Positionierungsrechners 14 befindet sich ein Steuerprogramm mittels dem die Verweildauer des Laserstrahls auf den Lötstellen oder ein Wiederanfahren der Lötstellen in Abhängigkeit der von der Überwachungsvorrichtung 25 erfaßten Daten steuerbar ist. Es wird auf diese Weise eine Regelschleife geschaffen, mit der die Fertigungsqualität wesentlich gesteigert werden kann. Dabei wird mit der Überwachungsvorrichtung 25 die gerade behandelte Lötstelle überprüft und kontrolliert, ob durch den Laserstrahl tatsächlich eine Entzündung des Brennstoffs stattfindet. Ist dies der Fall, kann anschließend die nächste Lötstelle angesteuert werden. Ist das nicht der Fall, so kann die Verweildauer des Laserstrahls erhöht werden. Auch wenn durch irgendwelche widrigen Umstände keine Entzündung stattfindet, kann in Ergänzung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Nachlötung dadurch erfolgen, daß nun die gesamte Wärmeenergie vom Laserstrahl geliefert wird, so wie es bei dem konventionellen Laserstrahlverfahren bei allen Lötstellen üblich ist.

Besonders vorteilhaft ist, daß die Anschlüsse im Gegensatz zum konventionellen Laserstrahl Lötverfahren nicht schräg angestrahlt werden müssen, um bei besonders ungünstigen Ausgestaltungen noch eine wirksame Absorption der Lötpaste erreichen zu können. Vielmehr reicht es aus, irgendeinen Punkt der Oberfläche der mit dem Zusatzstoff versehenen Lötpaste oder den Zusatzstoff selbst zu treffen. Dabei kann die Ablenkeinheit 12 extrem schnell arbeiten, wobei noch eine Genauigkeit ausreichend ist, die für konventionelles Laserlöten nicht mehr toleriert werden kann. Vielmehr wird die Präzision der Lötstelle durch die Aufbringung der Lötpaste oder des Zusatzstoffes bestimmt. Auch die Löttemperatur sowie die Lötdauer ist unabhängig vom Laserstrahl und wird durch die Zusammensetzung und die Schichtdicke der Lötpaste bzw. des Zusatzstoffes bestimmt.

Neben einer wesentlichen Steigerung der Lötgeschwindigkeit wird die aufzubringende Leistung des Lasers erheblich verringert. Da die Lötstellen kurz nacheinander angefahren werden können und die zum Entzünden des Zündstoffes benötigte Zeit nur etwa 0,8 Sekunden beträgt, läßt sich die Lötgeschwindigkeit gegenüber konventionellem Laserstrahllöten um den Faktor 50 erhöhen.

Auch die Anschaffungskosten für eine Laserlötvorrichtung nach der Erfindung sind nicht höher als bei einer konventionellen Laserlötvorrichtung. Dabei entsprechen die geschätzten Kosten etwa den Stromkosten für ein ca. 2 kW Netzteil und eine Blitz- bzw. Bogenlampe für 1000 Betriebsstunden. Die Laserlötvorrichtung besitzt zudem sehr kleine Abmessungen. Der Positionierungsrechner und die Laserquelle können etwa 5 m von der Produktionslinie entfernt untergebracht werden.

Ergänzend sei noch darauf hingewiesen, daß die optische Ablenkeinheit 12 aus zwei Spiegeln besteht, die durch Galvanometermotoren um jeweils 40 Grad in zueinander senkrechten Achsen bewegt werden können. Die Galvanometermotoren werden vom Positionierungsrechner gesteuert.

Diese optische Anordnung der Ablenkeinheit 12 verursacht, daß der Laserstrahl prinzipiell um 90 Grad abgelenkt wird. Die Ablenkungen von jeweils  $\pm 20$  Grad in der X- und Y-Richtung werden also in einer zur Laserquelle senkrechten Achse erreicht.

#### Patentansprüche

1. Lötverfahren zur Verbindung elektronischer und/oder mechanischer Bauteile, insbesondere SMD-Bauteile, mit einer Leiterplatte durch Verbinden der Anschlüsse (Pins) der Bauteile mit Anschlußflächen (Pads) der Leiterplatte mittels einer pulverisierte Metalle enthaltenden Lötpaste, wobei die pulverisierten Metalle durch Wärmezufuhr zum Schmelzen und Eingehen einer Legierungsverbindung mit den Anschlüssen und Anschlußflächen gebracht werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Lötpaste ein Brennstoff enthaltender Zusatzstoff beigemischt ist oder die Lötpaste und/oder die Anschlüsse und/oder ein Teil der Anschlußflächen mit einem Brennstoff enthaltenden Zusatzstoff beschichtet werden und daß der Brennstoff durch Anregungsenergie entzündet wird, worauf die zum Schmelzen der pulverisierten Metalle benötigte Wärme durch eine exotherme Reaktion des Brennstoffs bereitgestellt wird.
2. Lötverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff enthaltende Zusatzstoff mittels einer Maske auf die mit Lötpaste versehenen Stellen der Leiterplatte aufgebracht wird, wobei Aussparungen für die Pins der Bauteile ausgespart werden.
3. Lötverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff durch einen im Zusatzstoff enthaltenen Zündstoff entzündet wird und der Zündstoff durch äußere Anregungsenergie initialisiert wird.
4. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungsenergie durch Laserstrahlen übertragen wird.
5. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungsenergie durch einen Lichtblitz übertragen wird.
6. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungsenergie durch Ultraschall übertragen wird.
7. Lötverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Achse eines Laserstrahls zuerst auf einen ersten Anschluß eines Bauteils gerichtet wird, der Laserstrahl zur Übertragung der Anregungsenergie eingeschaltet und der dem Anschluß zugeordnete Brennstoff entzündet wird, danach die übrigen Anschlüsse des Bauteils angefahren und angezündet werden und anschließend die Vorgänge in der gleichen Reihenfolge bei den übrigen Bauteilen durchgeführt werden.
8. Lötverfahren nach Anspruch 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl auf jedem Anschluß während einer gleichen Zeitdauer verweilt, wobei die Zeitdauer gerade so lang bemessen ist, daß der Zündstoff sicher entzündet wird.
9. Lötverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer, während der der Laserstrahl auf einem Anschluß verweilt, etwa 0,8 ms beträgt.

10. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7–9, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl durch einen Positionierungsrechner gesteuert wird, bei dem die Anschlußbilder jedes Bauteils in einer Standardbibliothek und die Lage der Bauteile in einer Baugruppenbibliothek gespeichert sind und daß die Positionierung des Laserstrahls auf den jeweils ersten Anschluß eines Bauteils aus den Daten der Baugruppenbibliothek und auf die übrigen Anschlüsse des Bauteils aus den Daten der Standardbibliothek berechnet wird. 5
11. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7–10, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl auch während der Anfahrzeiten der Anschlüsse eingeschaltet bleibt. 15
12. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7–10, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl nur nach Erreichen der durch die Lage der Anschlüsse vorgegebenen Positionen eingeschaltet wird. 20
13. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7–12, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl auf einen Durchmesser von etwa 0,2–0,4 mm fokussiert wird.
14. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–13, dadurch gekennzeichnet, daß die Lötstellen optisch überwacht werden und daß fehlerhafte Lötstellen konventionell, z.B. durch weitere oder durch erneute Wärmezufuhr mittels des Laserstrahls nachgelötet werden. 30
15. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–14, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Lötpaste, der ein Brennstoff enthaltender Zusatzstoff beigemischt ist, die Lötpaste durch Schablonen, Siebdruck oder Dispersionen aufgetragen wird. 35
16. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–14, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Lötpaste, bei der die Lötpaste und/oder die Anschlüsse und/oder ein Teil der Anschlußflächen mit einem Brennstoff enthaltenden Zusatzstoff beschichtet werden, die Lötpaste mit Schablonen oder Siebdruck aufgetragen wird, danach die Bauteile bestückt werden und anschließend auf jeden Anschluß der Bauteile nach dem Dispersionsverfahren der einen Brennstoff enthaltende Zusatzstoff aufgetragen wird. 45
17. Lötverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–14, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Lötpaste, bei der die Lötpaste und/oder die Anschlüsse und/oder ein Teil der Anschlußflächen mit einem Brennstoff enthaltenden Zusatzstoff beschichtet werden, die Lötpaste und der Zusatzstoff jeweils als gesonderte Schicht mit Schablonen oder Siebdruck aufgetragen werden, wobei in der den Zusatzstoff enthaltenden Schicht Aussparungen für die Anschlüsse der Bauteile freigelassen werden und daß danach die Bauteile bestückt werden. 55
18. Zusatzstoff, der als Energieträger zur Erwärmung von Lötpaste dient, dadurch gekennzeichnet, daß er einen nichtentflammaren Brennstoff enthält. 60
19. Zusatzstoff nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff aus feinem Aluminumpulver besteht. 65
20. Zusatzstoff nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß er zusätzlich einen Zündstoff

- enthält.
21. Zusatzstoff nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Zündstoff aus reiner Aktivkohle in Pulverform besteht.
22. Zusatzstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 18–21, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff ein Oxydationsmittel enthält.
23. Zusatzstoff nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Oxydationsmittel aus vorzugsweise gereinigtem pulverisiertem Kaliumchlorat besteht.
24. Zusatzstoff nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumenverhältnis von Zündstoff zu Brennstoff zwischen 10:90 und 15:85 beträgt.
25. Zusatzstoff nach Anspruch 22, 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumenverhältnis von Oxydationsmittel zu Zündstoff zu Brennstoff zwischen 1:8:91 und 3:8:89 beträgt.
26. Zusatzstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 18–25, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff einen Trägerstoff enthält.
27. Zusatzstoff nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerstoff ein Gel umfaßt, das aus stark nitrierter Schießbaumwolle und Azeton besteht.
28. Zusatzstoff nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsverhältnis Schießbaumwolle zu Azeton etwa 1:15 beträgt.
29. Zusatzstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 18–28, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzstoff einer Lötpaste beigemischt ist.
30. Zusatzstoff nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Lötpaste aus etwa 87% pulverisierten Metallen in der Zusammensetzung von etwa 62% Zinn, etwa 36% Blei und etwa 2% Silber sowie aus etwa 13% Flußmitteln und gegebenenfalls Säuremitteln besteht.
31. Laserlötvorrichtung, bestehend aus einer Laserquelle (10), einer optischen Ablenkeinheit (12), einem Positionierungsrechner (14) und einem Leiterplattenträger (16), dadurch gekennzeichnet, daß in einem Programmspeicher (18) des Positionierungsrechners (14) ein Steuerprogramm gespeichert ist, welches die Verweildauer des Laserstrahls auf der zu lötenden Stelle auf eine zur Entzündung eines die Schmelzwäre des Lötmittels bereitstellenden Brennstoffes ausreichende Zeitdauer, vorzugsweise 0,8 msek. beschränkt.
32. Laserlötvorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Datenspeicher (20) des Positionierungsrechners (14) eine die Anschlußbilder jedes zu verlötenden Bauteils enthaltende Standardbibliothek gespeichert ist und daß eine Baugruppenbibliothek speicherbar ist, welche die Lage eines ersten Anschlusses der Bauteile auf einer Leiterplatte sowie die Art der Bauteile umfaßt.
33. Laserlötvorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionierungsrechner (14) mit einem Schalter (22) der Laserquelle (10) verbunden ist, durch den die Laserquelle (10) im Takte der Positionierungen auf die zu verlötenden Stellen ein- und ausschaltbar ist.
34. Laserlötvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 31–33, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlötvorrichtung ein f-theta Planfeldobjektiv (24) umfaßt, mittels dem der Laserstrahl auf einen konstanten Durchmesser von vorzugsweise

0,2 bis 0,4 mm fokussierbar ist.

35. Laserlötvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 31 – 34, dadurch gekennzeichnet, daß eine optische Überwachungsvorrichtung (25) für die Lötstellen vorgesehen und mit dem Positionierungsrechner (14) verbunden ist. 5

36. Laserlötvorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß der Programmspeicher (18) des Positionierungsrechners (14) ein Steuerprogramm umfaßt, mittels dem die Verweildauer des Laserstrahls auf den Lötstellen oder ein Wiederanfahren der Lötstellen in Abhängigkeit der von der Überwachungsvorrichtung (25) erfaßten Daten steuerbar ist. 10

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



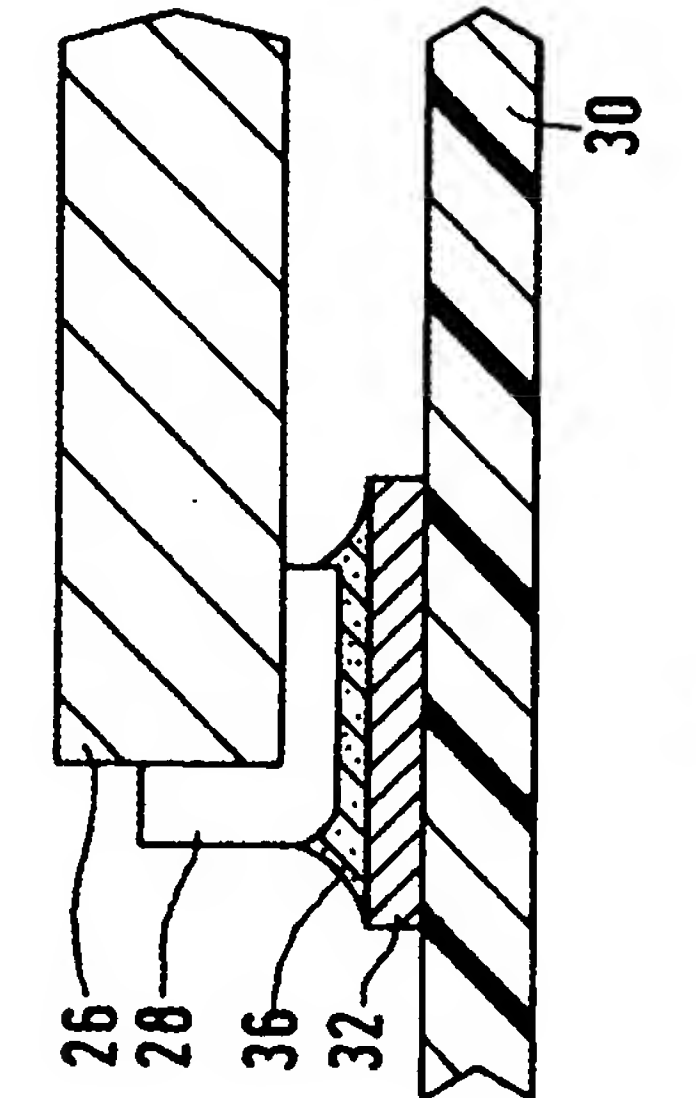


FIG. 1

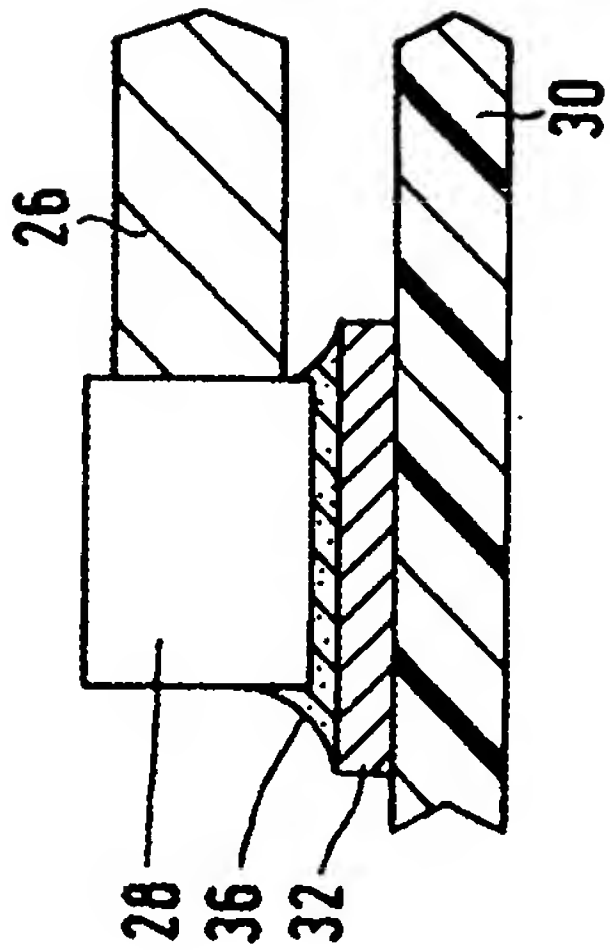


FIG. 2

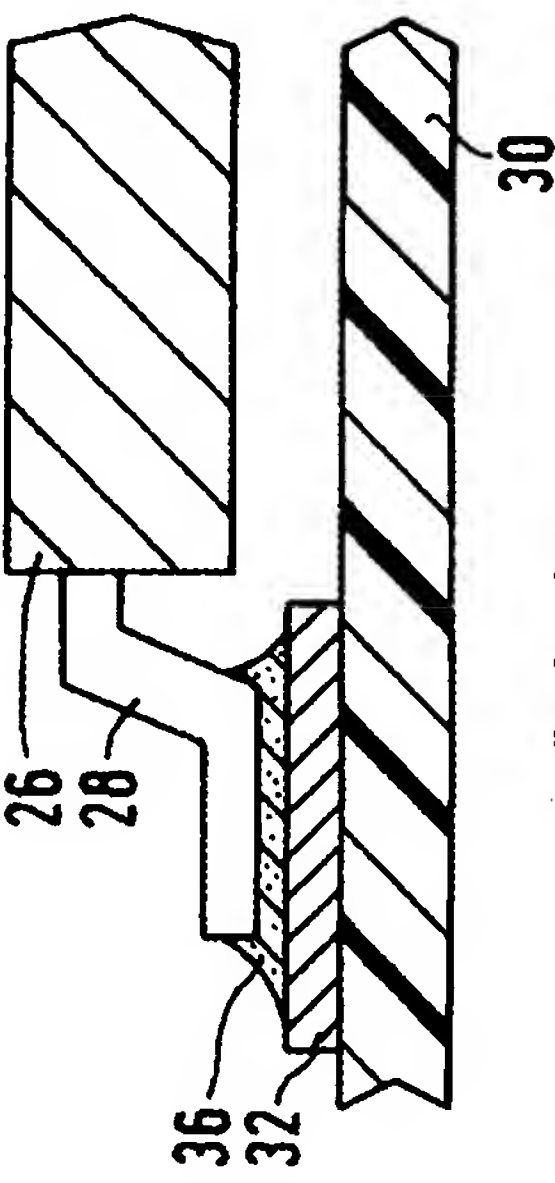


FIG. 3

FIG. 4

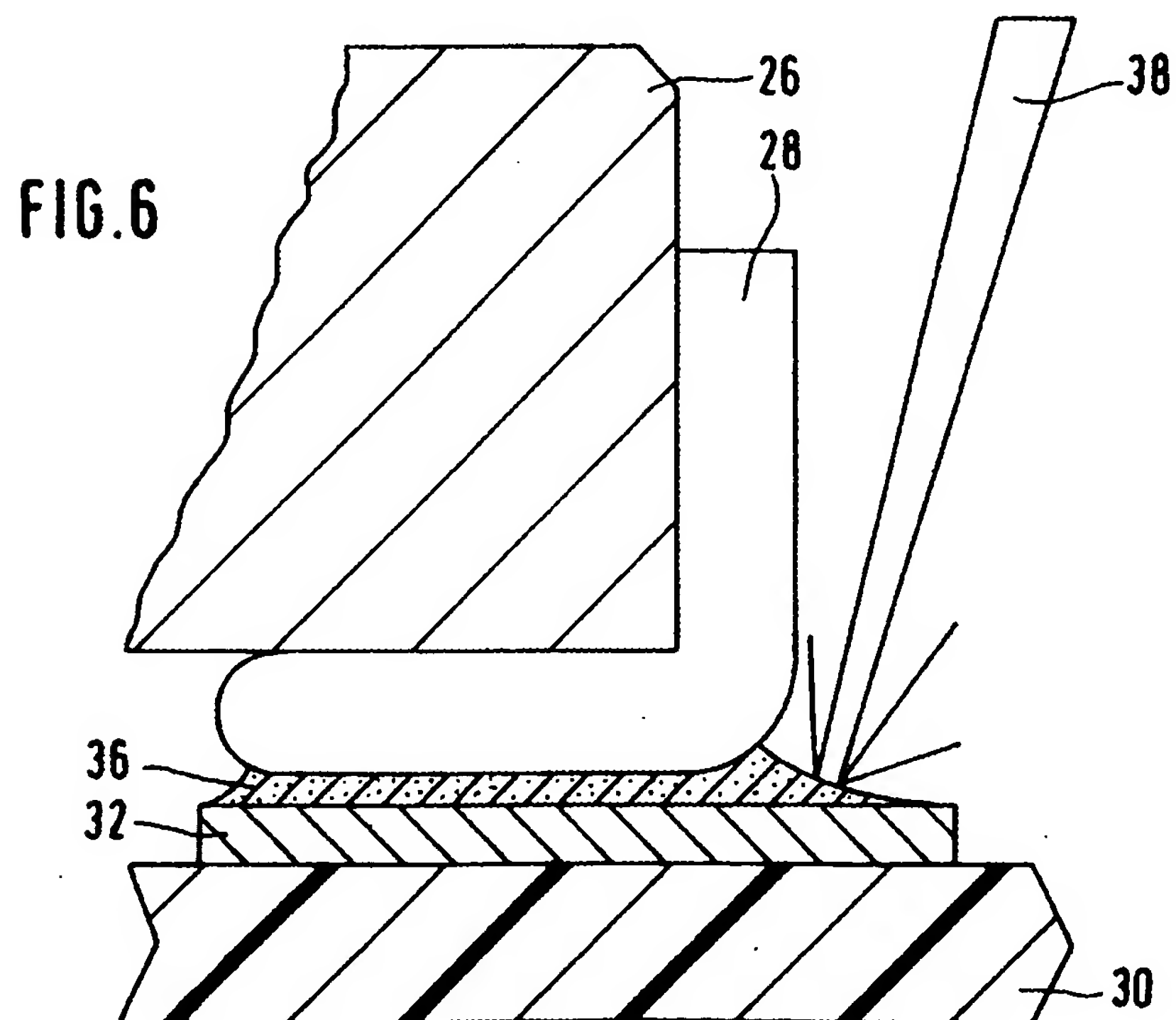
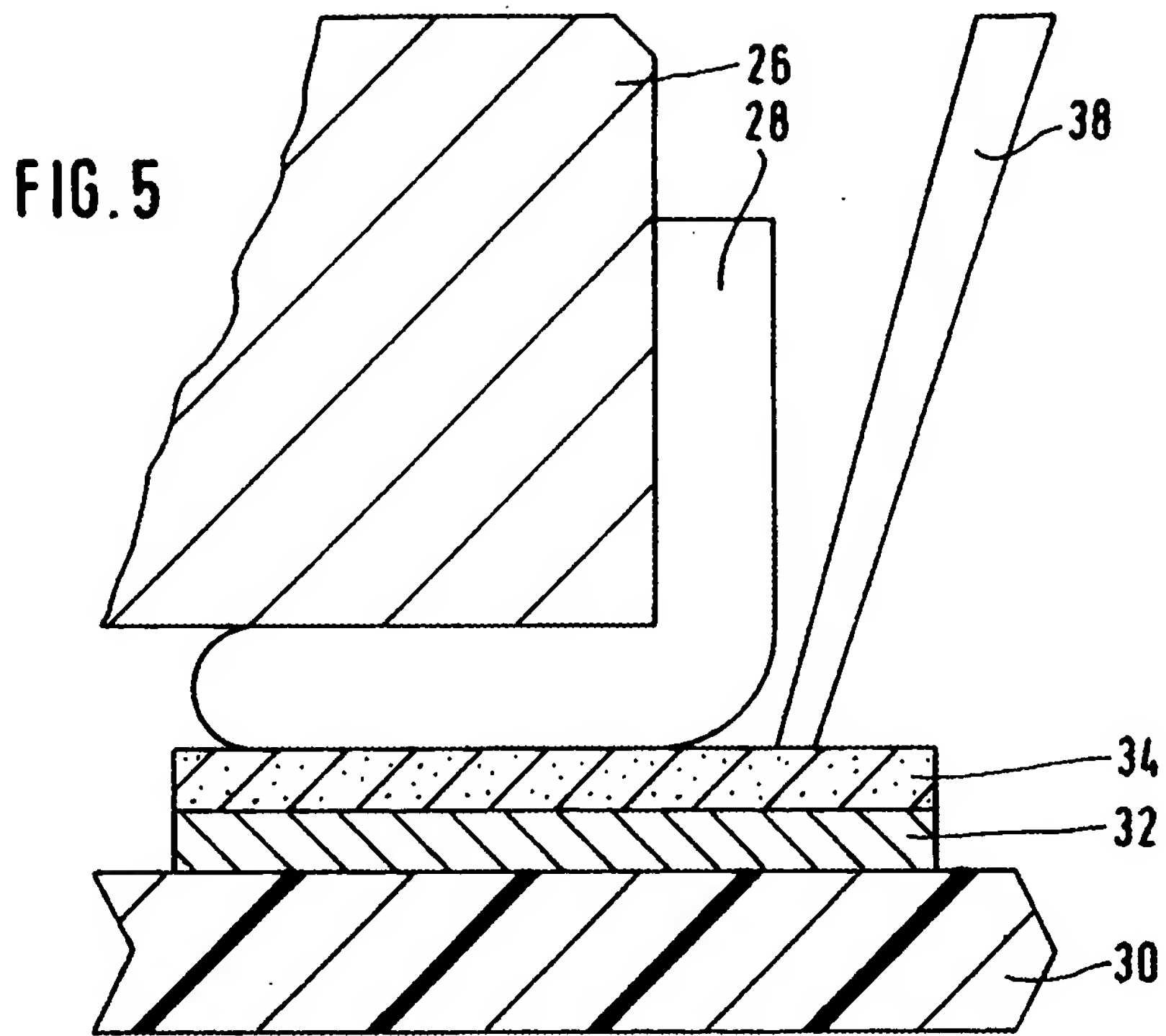


FIG. 7

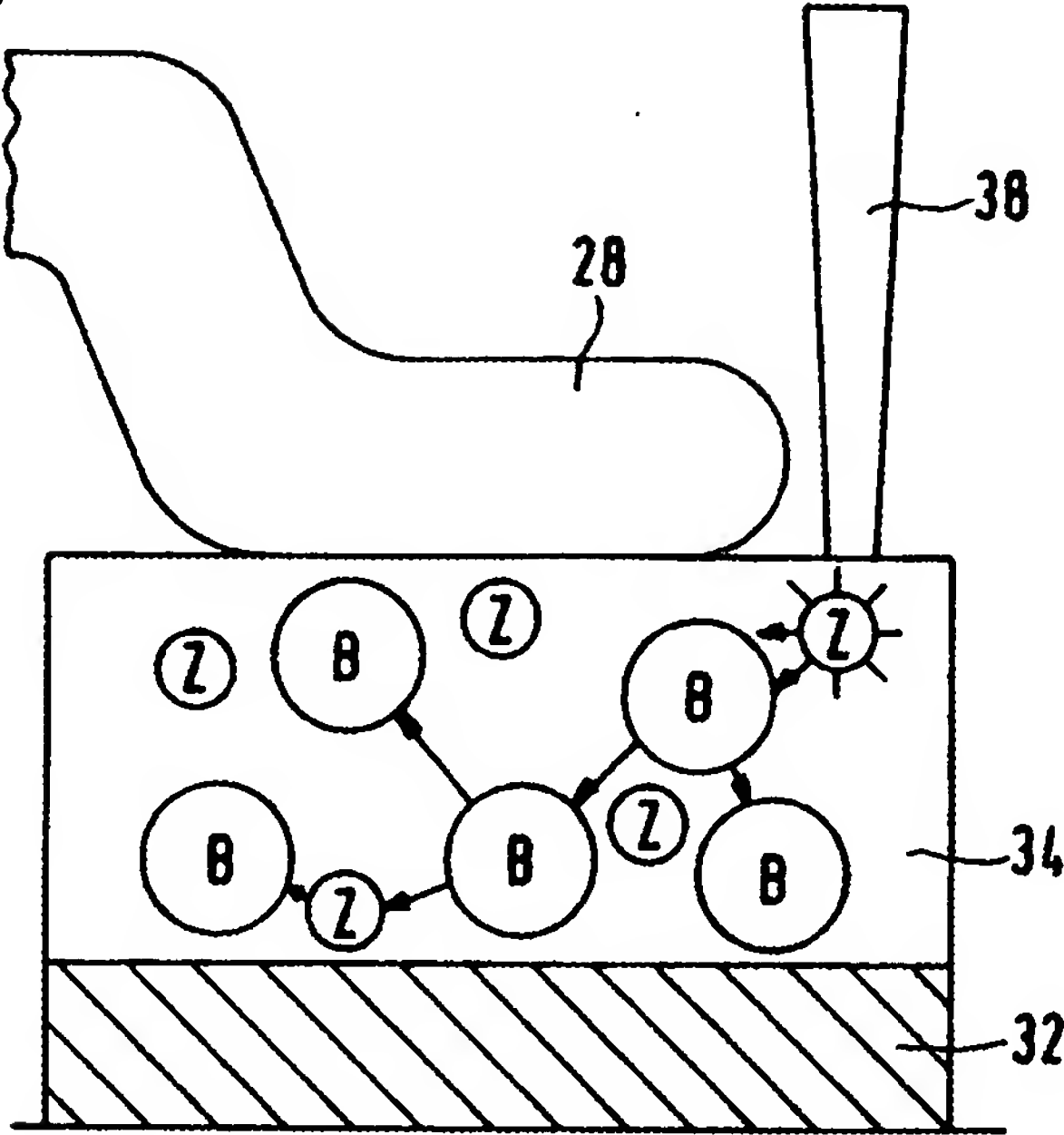
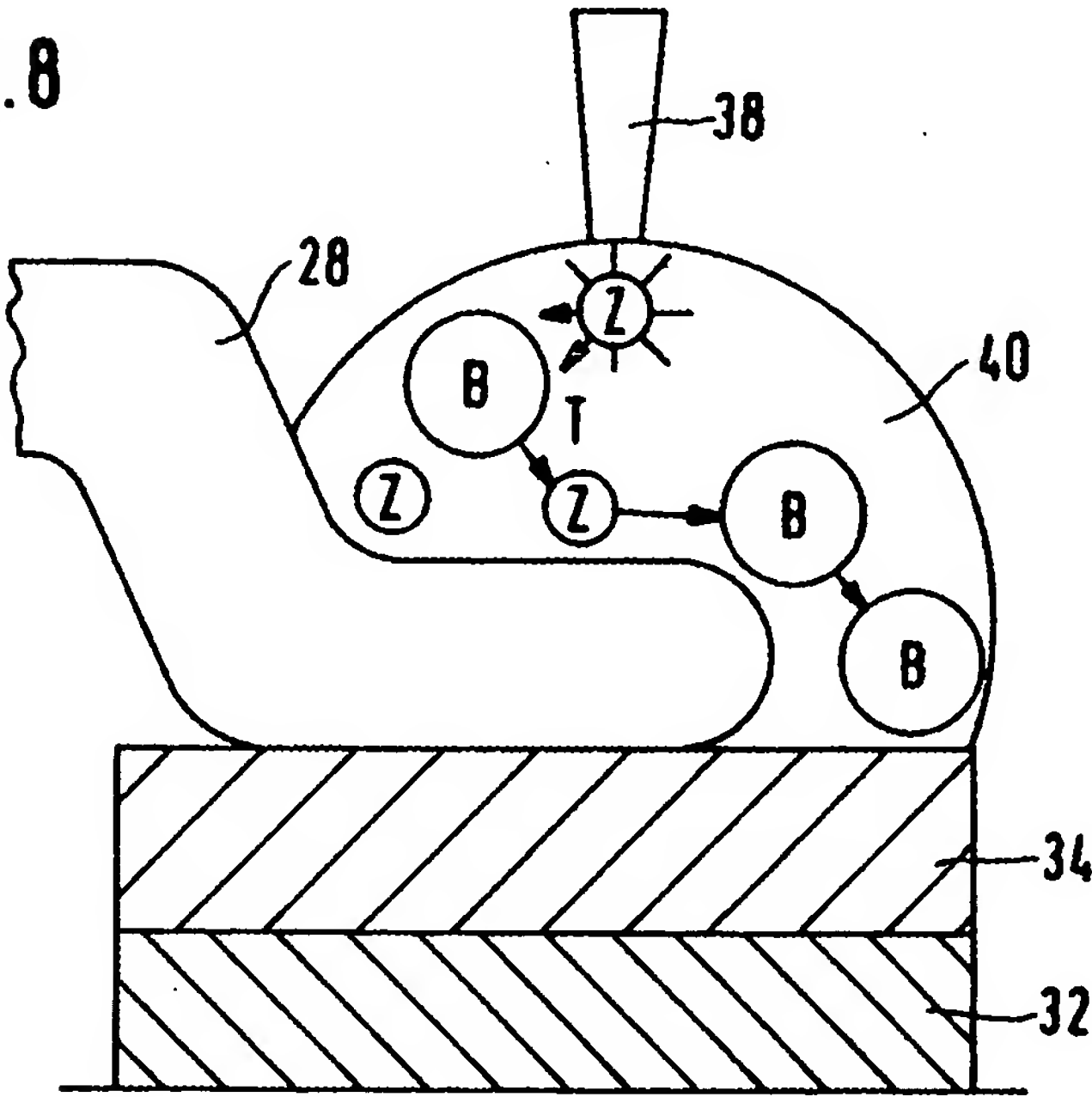


FIG. 8





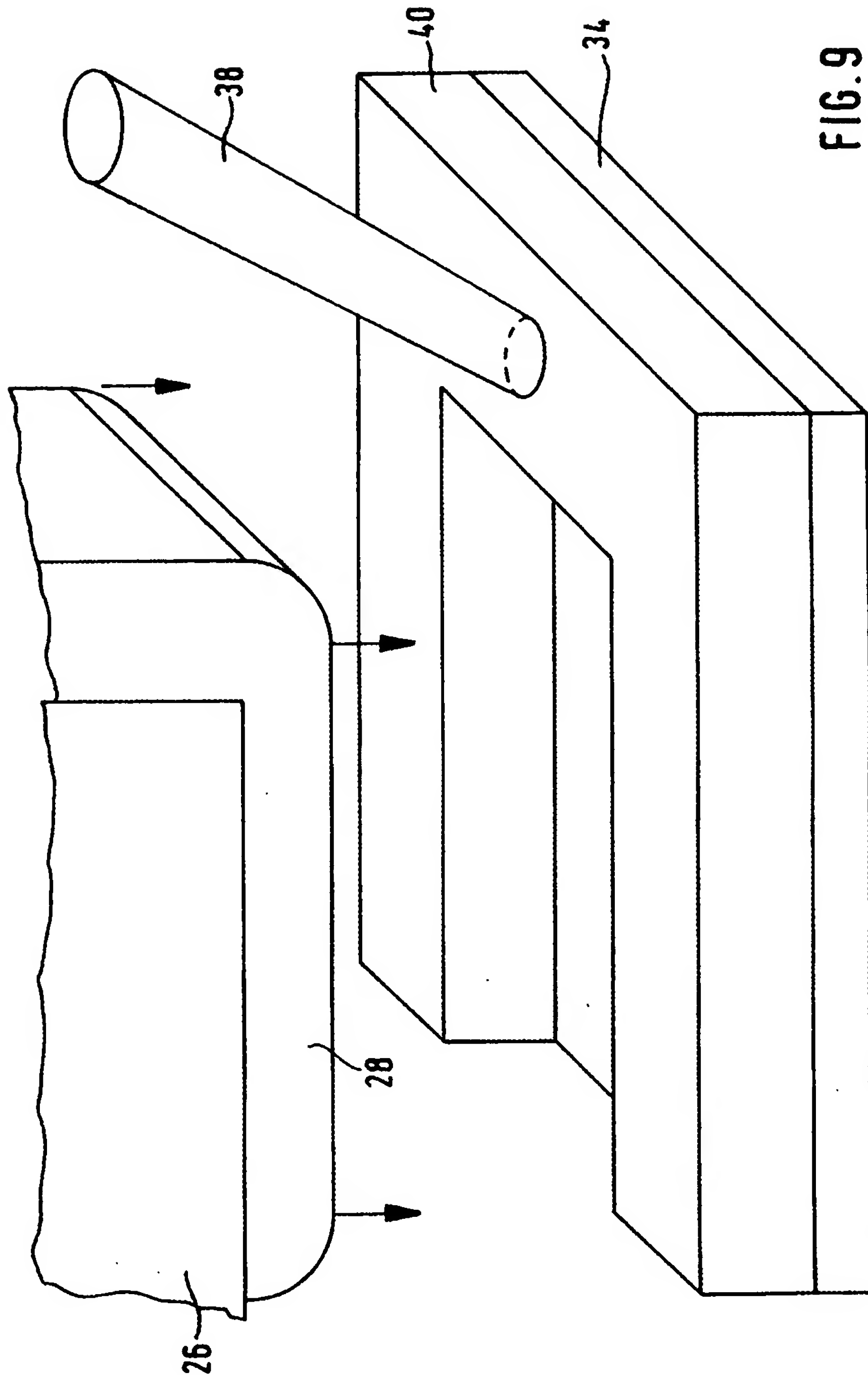


FIG. 9

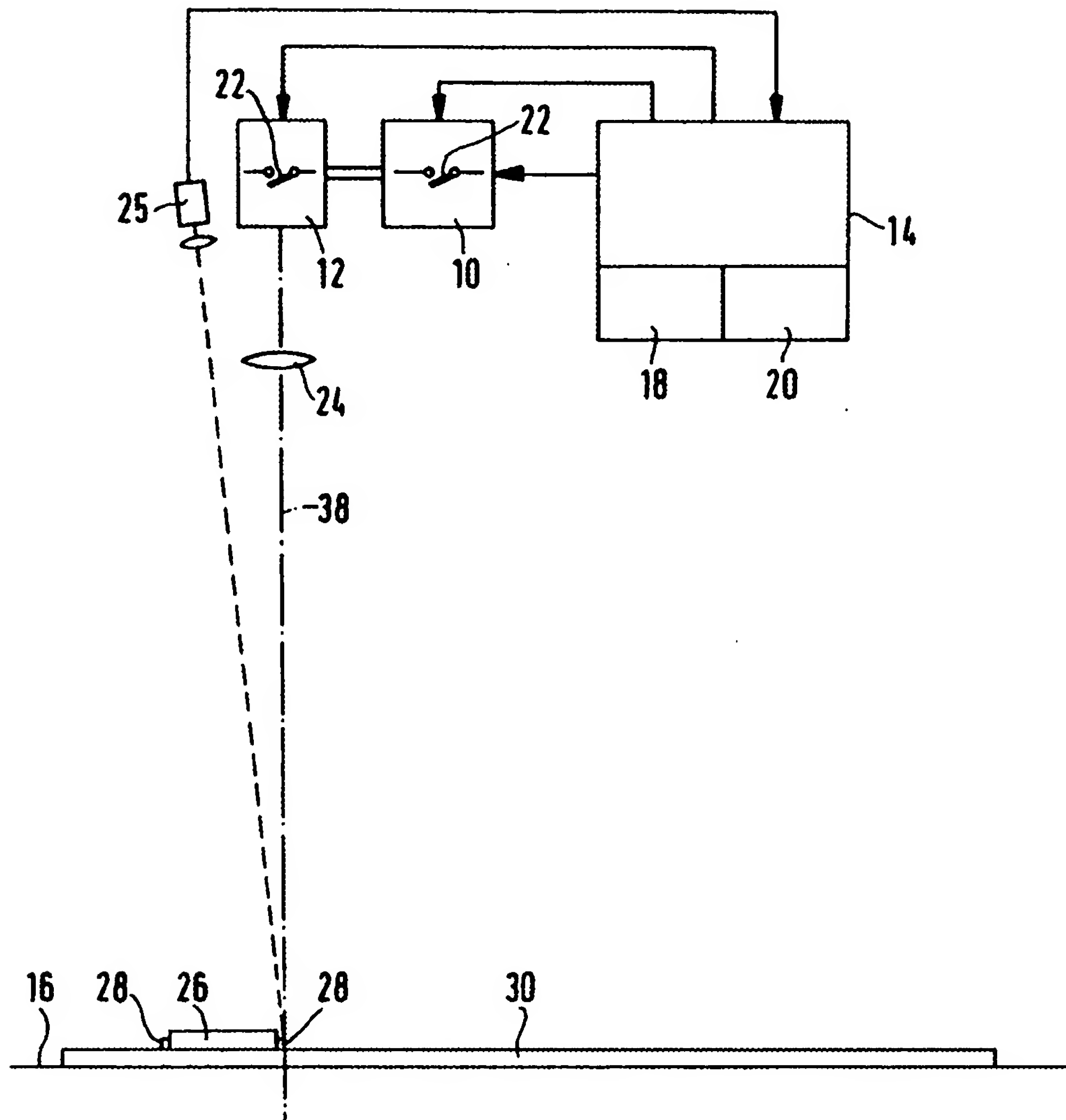


FIG. 10